ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ПРОЛЕТА ВОЗДУШНОЙ ЛЭП И МАРКИ ФАЗНОГО ПРОВОДА НА ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СТЕНКИ ГОЛОЛЕДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

***Минкин А. С.,*** *ФГБОУ ВО «КГЭУ», Казань, РФ*

**Аннотация:** Исследуются изменения механического напряжения в проводах высоковольтных линий электропередачи в зависимости от толщины стенки гололедно-изморозевых отложений для различных значений длины пролета ЛЭП и марки проводов.

**Ключевые слова:** Длина пролета, механическое напряжение, высоковольтные линии электропередачи, гололедно-изморозевые отложения.

**Введение**

Гололедные отложения на линиях электропередачи являются серьёзной проблемой, влияющей на надежность функционирования электроснабжения. Образовавшийся на проводах гололед оказывает дополнительную механическую нагрузку и может являться причиной тяжелых аварий, связанных с короткими замыканиями, обрывами проводов и тросов, поломкой траверс и опор[1].

Основным мерилом допустимости гололедных нагрузок на провода ЛЭП является разрывное усилие для провода, при превышении этого значения возникает аварийная ситуация [2,3].

В данной работе приведены расчеты механического напряжения провода от толщины стенки гололедных отложений без учета ветровых нагрузок для различных значений длины пролета линии электропередачи и различных марок проводов для воздушных линий напряжением 110 кВ.

**Основные результаты**

Основное уравнение состояния провода в пролете в общем случае имеет вид [1]:



где σ – напряжение в проводе при заданной температуре *t*,

σ0 – известное напряжение в проводе при *t*0; *l* – длина пролета, γ и γ0 – удельные нагрузки проводов для искомых и известных условий; *t* и *t*0 – температура воздуха в искомых и известных условиях, *t* = –2 °С – температура при расчете, *t*0 = 2,8 °С – среднегодовая температура (для Казани), α – температурный коэффициент линейного удлинения провода, Е– модуль упругости (β = 1/*Е* – коэффициент упругого удлинения провода).

Для нахождения механического напряжения в проводе, из уравнения состояния провода, сначала рассчитываем удельные нагрузки проводов, которые равны γ=γгол + γ0., где γ0 –удельная нагрузка от собственного веса провода, а γгол находим по формуле:

γгол,

где *Р*пров– гололедная нагрузка на провода, *S*– сечение провода.

Гололедная нагрузка на провода и тросы определяется как:

*Р*пров= 0,9.10-3π*b(dп + b*),

где *b* – толщина стенки гололеда, *d*п – диаметр провода.

Значения параметров проводов воздушных линий, использованные при расчетах приведены таблице.

Таблица

Параметры проводов воздушных линий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Марка провода  Параметр | АС 95/16 | АС 120/19 | АС 150/24 |
| Диаметр, мм | 13,5 | 15,2 | 17,1 |
| Площадь сечения, мм2 | 111,33 | 136,43 | 173,1 |
| Механическое напряжение при среднегодовой температуре, даН/мм2 | 9,0 | 9,0 | 9,0 |
| Механическое напряжение разрыва, даН/мм2 | 30,0 | 30,4 | 30,2 |
| Удельная нагрузка от собственного веса провода, кгс/м·мм2 | 3,46·10-3 | 3,46·10-3 | 3,46·10-3 |
| Коэффициент линейного удлинения провода, 1/0С | 19,2·10-6 | 19,2·10-6 | 19,2·10-6 |
| Модуль упругости, даН/мм2 | 8250 | 8250 | 8250 |

Решая кубическое уравнение состояния провода, находим значения механического напряжения от толщины стенки гололеда для воздушной линии электропередачи напряжением 110 кВ с различными длинами пролетов для провода марки АС 120/19. Результаты расчетов приведены на рисунке 1, где цифрами обозначены кривые



Рис.1. Зависимость механического напряжения провода от толщины стенки гололеда воздушной ЛЭП 110 кВ с различными длинами пролетов

Из рисунка 1 видно, что чем длиннее пролет, тем круче кривая механического напряжения провода и при меньших значения стенки гололеда достигается значение максимального механического напряжения (пересечение кривых 2, 3, 4 с прямой 1), чем больше длина пролета ЛЭП, тем больше суммарная нагрузка, обусловленная весом провода и гололеда. Поэтому при образовании гололедных отложений для своевременного принятия решения о плавке гололеда необходимо учитывать значения длин пролетов воздушной линии электропередачи, т.к. они могут иметь разные значения.

Рассмотрим влияние гололеда на воздушные линии электропередачи напряжением 110 кВ с проводами различных марок. Для расчетов в качестве примера взяты линии электропередачи с длиной пролета 150 м с проводами АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24. Также из решения кубического уравнения состояния провода, находим значения механического напряжения от толщины стенки гололеда для этих линий электропередачи. Результаты расчетов приведены на рисунке 2.



Рис.2. Зависимость механического напряжения провода от толщины стенки гололеда воздушной ЛЭП 110 кВ с различными марками проводов с длиной пролетов 150 м

Из рисунка 2 видно, что чем больше диаметр провода, тем меньше механическое напряжение при одних и тех же значениях стенки гололеда. Гололедные отложения с одинаковыми толщинами стенки для различных проводов создают различную нагрузку на 1 м провода, поскольку из-за разности диаметров проводов образуется не одинаковая площадь сечения гололедного отложения. Чем больше диаметр провода, тем больше площадь сечения гололедного отложения. Например, при толщине стенки гололеда плотностью 0,9 г/см3 45 мм, вес гололедного отложения для провода АС 95/16 составит 7,47 кг/м, для провода АС 120/19– 7.72 кг/м, для провода АС 150/24– 7,95 кг/м, и если учесть вес самих проводов, то суммарный вес гололеда и провода для рассмотренных марок проводов составит 7,86 кг/м, 8,19 кг/м, 8,55 кг/м соответственно

**Заключение**

Исходя из полученных результатов, можно заключить, что при оценке гололедной опасности на проводах воздушной линии электропередачи необходимо учитывать наличие пролетов ЛЭП с разными длинами, а также марку фазных проводов и грозотроса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минуллин, Р.Г. Локационный мониторинг гололеда и повреждений на линиях электропередачи / Р.Г. Минуллин.–Казань: КГЭУ, 2022.– 439с.

1. Минкин А. С. Зависимость механического напряжения провода высоковольтной линии электропередачи от толщины стенки гололедно-изморозевых отложений с различной плотностью/ А.С. Минкин // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности. Материалы VII Международной научно-технической конференции.– Чебоксары: ЧГУ.– 2023.– С. 46–50.
2. Минкин А.С. Допустимые значения толщины стенки гололеда на проводах высоковольтной линии электропередачи при наличии ветровых нагрузок/ А.С. Минкин // Электрические сети: Надежность, Безопасность, Энергосбережение и Экономические аспекты. Материалы международной научно-практической конференции. –Казань: КГЭУ.–2023. С.178–180.
3. Климатические факторы и расчетные нагрузки, действующие на элементы линий электропередач [Электронный ресурс] URL <http://scbist.com/scb/uploaded/kontaktnaya-set/3.htm>

Авторы:

***Минкин Ахметгарей Султанович****, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры РЗА,* ФГБОУ ВО «КГЭУ». *Физический факультет Казанского государственного университета в 1979 году. В 1988 году, Физика ионосферы. E-mail: cntnur\_mn@mail.ru.*